

торого генерируют  $^{225}\text{Ac}$ . Серьезной проблемой на пути к созданию производства  $^{229}\text{Th}/^{225}\text{Ac}$  из облученного радия, является тот факт, что  $^{229}\text{Th}$  образуется в смеси с  $^{228}\text{Th}$ . При этом активность  $^{228}\text{Th}$  на несколько порядков превышает активность  $^{229}\text{Th}$ . Это приводит к разогреву препарата и выделению в атмосферу газообразного  $^{220}\text{Rn}$ , что предъявляет особые требования к безопасности хранения и использования данного препарата.

В данной работе предложена методика подготовки смеси изотопов  $^{228}\text{Th} + ^{229}\text{Th}$  к длительно-му безопасному хранению. За основу методики был взята способность тория образовывать нерастворимый оксалат при действии щавелевой кислоты на азотнокислые растворы тория. Для снижения потерь при работе с микроколичествами тория было решено проводить его соосаж-

дение с оксалатом свинца. При необходимости такая смесь легко растворяется в азотной кислоте с концентрацией более 7 моль/л, а сам способ хорошо согласуется со способом получения  $^{225}\text{Ac}$  из смеси изотопов тория  $^{228,229}\text{Th}$ , предложенным ранее в [1]. Показано, что оксалат-ионы не мешают сорбции тория на сильноосновном анионите BioRad AG-1x8 из азотной кислоты, а при необходимости их можно удалить из раствора нагреванием.

Описана конструкция патронного фильтра для отделения осадка  $\text{Th}(\text{C}_2\text{O}_4)_2/\text{PbC}_2\text{O}_4$ , которая одновременно служит внутренней оболочкой для длительного безопасного хранения смеси изотопов  $^{228}\text{Th} + ^{229}\text{Th}$ . Для данной конструкции проведен теплофизический расчет с использованием блока Flow Simulation пакета Solid Works (SW/FS) для загрузки 40 Ки  $^{228}\text{Th}$  (рисунок 1).

### Список литературы

1. Корнилов А.С., Буткалюк П.С., Буткалюк И.Л., Кузнецов Р.А. Способ выделения препарата актиния  $^{225}\text{Ac}$  из смеси  $^{228}\text{Th}$  и  $^{229}\text{Th}$  Патент РФ №2575881 от 20.02.2016.

## ФОТОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СУЛЬФИДОВ ИНДИЯ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

А.Т. Азизова

Научный руководитель – к.х.н, доцент Н.Б. Егоров

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г.Томск, пр.Ленина, 30, ata4@tpu.ru

Сульфиды индия – полупроводники, которые имеют ширину запрещенной зоны около 1,9 эВ. В системе  $\text{In-S}$  установлены следующие сульфиды:  $\text{InS}$ ,  $\text{In}_2\text{S}_3$ ,  $\text{In}_3\text{S}_4$ ,  $\text{In}_6\text{S}_7$ . Устойчивыми являются  $\text{InS}$ ,  $\text{In}_2\text{S}_3$ ,  $\text{In}_3\text{S}_4$ . Сульфиды индия нашли применение в микроэлектронике, солнечной энергетике, фотоэлектрической промышленности как материалы, обладающие рядом уникальных свойств. В частности, сульфиды индия используются в качестве основного материала при осаждении сложных полупроводников.

$\text{InS}$  получают разными методами: распылением раствора тиомочевинного комплекса соли индия (III) с последующим пиролизом на нагретой подложке, сульфидизацией слоя металла в атмосфере сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Однако данные методы синтеза имеют ряд существенных недостатков, к которым можно отнести необхо-

димость использования высоких температур (температура плавления  $\text{In}_2\text{S}_3$  равна 1363 K) и вакуума, сложность подбора условий и контроля процесса осаждения, многостадийный характер процесса в ряде случаев.

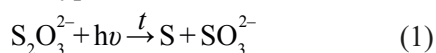
Значительный интерес представляет метод фотохимического осаждения, так как является очень дешёвым методом, который можно легко масштабировать для промышленного производства. Это более выгодно, чем традиционные методы осаждения в растворе благодаря своей применимости для использования любых подложек, с хорошим контролем над природой осаждения.

Целью данной работы является исследование фотолиза водных растворов, содержащих ионы индия и тиосульфат-ионы.

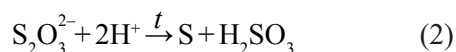
Осаждение осуществляется из водного раствора, содержащего  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и  $\text{In}(\text{NO}_3)_3$ . Образование  $\text{InS}$  основано на возбуждении ионов  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$

при УФ-облучении, которое высвобождает атомы серы и электроны. Они взаимодействуют с ионами металлического индия с образованием соединения InS. Фотохимически сформированный сульфид индия осаждается при равномерном перемешивании. Для проведения фотолиза используется кварцевая лампа ДРТ-125 с излучением от 230 до 410 нм. Облучались растворы, содержащие нитрат индия и тиосульфат натрия –  $(\text{In}(\text{NO}_3)_3 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O})$  с концентрацией 0,001 моль/л и  $(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O})$  с концентрацией 0,1 моль/л.

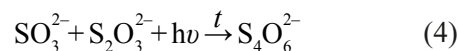
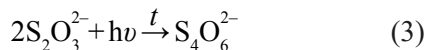
Фотохимическое образование InS происходит по следующим реакциям: ионы  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  поглощают ультрафиолетовое излучение и освобождают S согласно уравнению:



Предполагается, что самопроизвольное выделение S в кислой среде происходит по уравнению:



Также предполагается, что ионы  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  возбуждаются при поглощении ультрафиолетового излучения с образованием различных серосодержащих продуктов:



Образованные таким образом атомы серы и гидратированные электроны взаимодействуют с ионами индия, присутствующими в растворе, с образованием InS в соответствии с уравнением:



Спектрофотометрия с ультрафиолетовым излучением является эффективным методом контроля синтеза соединений. Растворы, содержащие  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и  $\text{In}(\text{NO}_3)_3$ , в течение часа облучались лампами с различным излучением, а именно 207 нм, 222 нм, 254 нм, 282 нм. Через каждые 5 минут были сняты пробы растворов и проанализированы на спектрофотометре. Спектрофотометрический анализ растворов, содержащих  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  и  $\text{In}(\text{NO}_3)_3$ , показал, что для проведения фотолиза наиболее эффективный результат дает лампа с излучением 254 нм.

Облучаемый раствор тиосульфата натрия и нитрата индия (III) имеет слабокислую среду, pH примерно равен 5–6. В результате облучения наблюдалось изменение цвета раствора на мутно-желтый и появления запаха серы. Образование осадка наблюдается после ~30 минут УФ-облучения. Также было замечено, что фотохимические реакции протекают с выделением тепла.

### Список литературы

1. А.В. Новоселова. Физикохимические свойства полупроводниковых веществ / А.В. Новоселова. – М.: Наука, 1979. – 339 с.
2. Fiechter S. *Phys. Status Solidi B* / Fiechter S, 2008. – Vol. 245. – №9. – P. 1761.
3. N.M. Gasanly. *Solid State Commun* / N.M. Gasanly, A. Aydinli, 1997. – Vol. 797. – №1. – P. 101.

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ ОРГАНИЧЕСКОГО РЕАГЕНТА НА УДЕЛЬНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ФЕРРИТОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ С АВТОГОРЕНИЕМ

Г.Р. Азимова

Научный руководитель – к.х.н., зав. лаб. С.М. Зульфугарова

Институт катализа и неорганической химии Национальной АН Азербайджана  
AZ 1143, Азербайджан, Баку, пр. Г. Джавида, 113, ezimova2015@gmail.com

Среди способов получения ферритов широко используется золь-гель метод, основное преимущество которого является высокая гомогенизация исходных компонентов с получением

золя и превращением его в гель за счет процессов гидролиза и конденсации, последующим старением, высушиванием и термообработкой. Разновидностью золь-гель метода, в котором